



Joseph Tan/EHP, Matt Turner/EHP

# 认知地球

## 利用对地观测系统来了解我们的世界

### 谁

能相信，一只在秘鲁的蝴蝶扇动一下它的翅膀会引起连锁反应，从而导致数千英里之外的一场季风。这个来自混沌理论的普通概念听起来似乎很荒唐，然而却提示了我们一个很有价值的观点：我们周围的每一样事物都是紧密关联的。通过研究自然界中广泛地相互作用力，我们可以构建预测力从而造福于社会。

目前全球都在努力将地球作为一个相互联系的整体作深入的了解。其目标是综合人造卫星、原地观察或地面传感器来提高对地球的观测能力，建立系统性的全球对地观测系统（GEOSS）。通过整合应用这些系统，科学家希望能够把握地球的脉搏，从而为环境保护、经济建设和人类健康带来效益。

打个比方，据美国环保局（EPA）估算，如果这个系统能将天气预报的精确度提高华氏1度，能源系统就能够更准确地估计电力的日需量，那么每年仅在美国就能为消费者节省10亿美元的电。此外，改进空气污染监测或完善疟疾、霍乱或西尼罗河病毒等滋生地的卫星绘图，能通过建立高危人群的预警系统，减少暴露，从而挽救更多的生命。

目前为止，已有54个国家、欧共体以及33个国际组织加入了GEOSS，这为该系统的资助国美国赢得了保护环境的声誉。美国航天局（NASA）Marshall太空飞行中心的地球和行星科学部的主管Steve Goodman说：“在同类项目中，这也是第一个得到如此高水准支持的项目”。

“我从没看到过一个项目经过不懈的努力进展这么快”，EPA国家暴露研究实验室主任Gray Foley说，“事情的促成是因为天时、地利、人和，也是大家所期盼的”。

## 气候改变的基础

联合美国15个机构为这一项目共同合作的发起人是退休海军少将Conrad C. Lautenbacher，他目前是国家海洋和大气管理局(NOAA)的局长。Lautenbacher致力于促进地球观测可追溯到他在海洋学研究和教育协会(Consortium for Oceanographic Research and Education)工作的时期，这个顾问协会设在华盛顿特区，他曾担任该协会的主任直到2001年到NOAA。

Lautenbacher在海洋学研究和教育协会工作的最初目标是为了促进气候变化的研究，他说这项研究受到很大的限制，这是由于数据的不完整和海洋监测系统的不完善所造成的。他认为海洋研究缺乏数据对课题负责人来说等于是“巧媳妇难为无米之炊”。“研究人员要竞争研究基金，公布研究和调查结果，才能继续研究，”他说，“没有这些关键的元素支持我们持续的研究，我们将无法知道长远的效果。而这正是气候研究的关键所在。”

Lautenbacher认为推行海洋观测的最好方式，是利用人造卫星和海上的海洋传感器进行可持续的、全球一体的研究，以保证数据的连续性。他说，这种方法将明确海洋在气候中的作用，并为海岸管理带来即时效益。

在NOAA中，Lautenbacher继续推动海洋观测系统的发展，但他认为技术应用的范畴已不仅仅停留在海洋上。在2002年9月在南非的约翰内斯堡(Johannesburg)举行的可持续发展的世界峰会上，他了解到可把地球观测应用到其它领域，如农业、林产和公共卫生等方面。在约翰内斯堡峰会上许多科学家都意识到地球观测可以促进人类各项活动的可持续发展。

回到美国后，Lautenbacher和国家科学和技术理事委员会环境自然资源分会的其他主席一起，召集各协作机构，并负责组织地球观测的世界峰会。2003年7月31日地球观测峰会在华盛顿举行，组织者几乎想不到会议规模如此之大——5位美国内阁成员、33个国家和欧盟的部长都参加了会议。美国国务卿鲍威尔也出席了会议，并在开幕词中说：“我们应该学会去观察、聆听、体会、辨别和测量这个上天赋予我们的、被称为地球的蓝色星体。”

此次峰会的与会者们起草了一个宣言，号召建立一个综合、协调和持续的系统性对地观测系统。宣言中提出的目标是完善和协调发展地球观



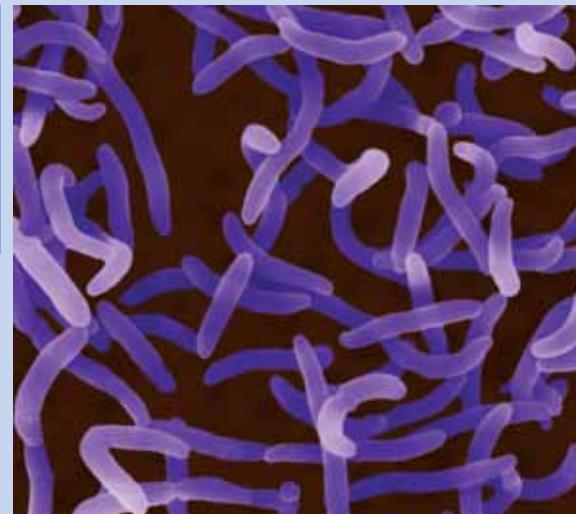
**跟踪变化的系统：**新的对地观测系统(GEOSS)的支持者，设想利用人造卫星和各种地置传感装置的资料来帮助实现全球的公共卫生目标。其中的用途之一，是编制病原微生物滋生地的卫星绘图，如霍乱弧形菌(右图)。这可为高危人群，例如孟加拉国达卡地区居民提供早期警报有所帮助，在2004年7月和8月，由季风引起的洪水泛滥期间，每个医院每天就得接收300多例霍乱患者(上图)。

测策略和系统、自由交换观测数据、共同努力为发展中国家掌握这项技术提供途径。地球观测组织(GEO)的专门小组为实现各项目标制定了十年计划，该小组现任的主席包括Lautenbacher，日本教育、文化、体育、科学和技术部副部长Akio Yuki，欧洲委员会研究部的主任Achilleas Mitsos，南非科学技术部的主任Robert Adam。

在2004年4月25日于东京举行的第二次地球观测峰会上，GEOSS的十年计划的构架已被采纳。完整的十年计划有望于2005年2月16日在布鲁塞尔举行的第三次峰会上通过。(61个国家在布鲁塞尔峰会上已同意了GEOSS的十年计划。编者注)

## 具体细节

“地球探测系统”的确切意思是什么呢？一般来说，它所指的是任何一套可被用来测量大气、水和土地的工具。这些工具可有简单的如pH传感器，或复杂的如太空中的各种人造卫星，两者都是必不可少的探测工具。在轨道运行的人造卫星可以监测地球的很大部分，但分辨率有限；而地面监测仪器的区域覆盖面有限，但分辨率却很高。若将两者结合起来，就可以给我们提供必



要的数据，我们从而可了解物理力和生物力是怎样控制生物圈的。

目前共有73个地球观测卫星被送入轨道，美国拥有其中25个。这些卫星大部分由美国国家航天局管理，余下的为NOAA、美国地质勘察局和一些私人公司调控。越来越多的国家如欧共体、印度、俄罗斯、中国、巴西、日本和加拿大等，也拥有自己的地球观测卫星。

卫星通过遥感收集数据，它根据地球表面特征和大气层对可见光和红外辐射的反射不均来采集它们的数据。每个物体小至单个分子，都会以特定的波长来反射射线，而这波长就可作为物体本身的特征。计算机通过计算，把这些信号转变成树林覆盖、土地湿度、云层覆盖、海洋叶绿素浓度和其他许多有用的参数。

当遥感技术和地理信息系统结合时，能发挥

特别强大的作用力。这些系统可以将人造卫星数据与社会经济数据，如人口统计数据整合起来。将结果以地图的形式描绘出来，这样研究人员便能直观地看到所关心的参数以及相应的地理位置。

虽然一些卫星传感器能够透过多云层观察地球，但是专家指出其空间和现时的分辨率仍不够，根本没法描绘水下的图像。因此，仍有必要使用另外一些其它原位的工具，如天气探测气球、飞机、污染采样装置和浮标，以收集大气、海洋和土壤的物理测量结果。

固定浮标是被锚在海底，另一端漂浮在海面上，传送海洋和气候数据。目前大约有 100 个固定浮标，大部分被安置在赤道的水域。被称为“Argos”的浮标有不同的功能，这些浮标能沉到

2000 米深的水底，并持续漂浮 10 天。当浮出水面，它们将水温和盐度的数据传给太空中的卫星，通过卫星将数据资料传送给地面上的科学家和气象管理部门。

全球目前共有“Argos”浮标 1500 个；一个全球协会负责在今后几年内再布置 1500 多个这样的浮标。

### GEOSS 的建立

有关专家指出，当前 GEOSS 存在的问题是，研究机构间各行其事、互不对话。因为缺乏灵活性，往往仅集中在某一方面的应用，GEOSS 成员经常把该系统描述成“研究的狭窄通道”。

Helen Wood 解释说“例如，一些气象卫星装置仅用来观察云的温度，但是如果作一些调整，这些仪器还可用来监测火灾。”她是 NOAA 国家环境卫星、资料信息服务中心高级顾问兼 GEO 秘书处的主任。GEO 秘书处是 GEOSS 成员工作交流的论坛。她还说：“GEOSS 成立的主要目的之一是促进研究人员的相互对话以及与终端使用者的交流，以了解他们在做些什么。通过讨论相互间的需求可以促使研究者提升设备功能，以便用于不同的用途。”

Wood 还补充说 GEOSS 的另一重要目的是建立一个全球用户自由获得共享资料的协调系统。然而实现这一目标并非易事，许多国家在资料标准、格式以及在应用这些技术上的商业观点存在差异。例如，美国免费提供其卫星资料，而欧洲航天局的数据提供通常会要求用户支付与投

资成本相当的费用补偿。Lautenbacher 强调，数据共享的商业模式要达成一致是最关键的，很可能需要数年时间来解决。

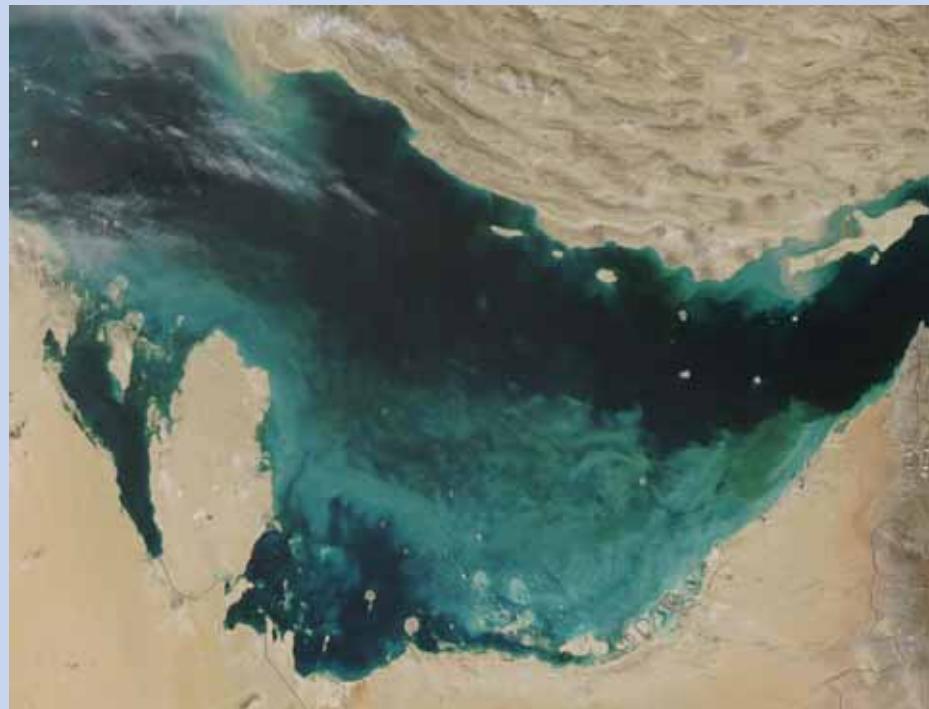
Northrop Grumman 太空技术公司的环境系统负责人 Rick Ohlemacher 说 GEOSS 成员原则上同意在最短时间内完全开放资料共享（如 2003 年华盛顿会议宣言中的承诺）已是前进了一大步，就其本身而言是一个巨大的政治里程碑。在过去几十年，没人能逾越这一步，现在大门已开启。Northrop Grumman 是地球观测联盟的发起人之一，这个联盟是一个为支持 GEOSS 而创立的行业团体。该集团也是未来国家极地行动环境卫星系统（National Polar-Orbiting Operational Environmental Satellite System）的主要承包商。Ohlemacher 说该系统是 GEOSS 卫星中枢的一个重要组成部分。

Ohlemacher 认为 GEOSS 所提供的是一个可

实现的平台，在此成员们可以讨论如何全球性扩展使用对地观测的技术。许多专家建议，最理想的是 GEOSS 以世界气象组织作气象预报相似的方式来进行地球观测，Lautenbacher 认为此作为 GEOSS 的理想模式有几个原因：它具有一段相当的历史（可追溯到 1950 年），建立了有效的管理架构，有固定的书记处，以及一整套建立和



**工具……一应俱全：**为了达到全面的功效，GEOSS 将使用各种不同的监测工具。简单的仪器如接雨桶（上图），它可测量降雨量，得到的测量结果可与更复杂技术的测量数据建立相关性，如 Aqua 人造卫星（左图），它装有 MODIS 设备，拍摄到如下图像：南部波斯湾上方堆积的云层（图片中的翠绿色部分），混合着海洋微生物体（云层呈深绿色部分）。这些信息可能为未来潜在的疾病的爆发提供了线索。



维护公约的机制。它还能在尊重各成员国主权前提下处理技术争端的问题。Lautenbacher说，“（合作的结果）并不是说我们要到你的国家，告诉你应该做什么，而是无论你走到世界任何一处，你都看得到天气预报”。

## 能力的构建

为了达到相似的效果，GEOSS除了促进对话和共享资源，还必须争取让贫穷国家加入这一技术圈子，以便整个发展中国家都积极参与地球观测系统的工作。大多数发展中国家缺乏有效进行地球观测必需的资源。Ohlemacher认为，更麻烦的是这些发展中国家的科学家要将地球观察的好处解释给传统守旧的人也非易事。他们也许不能理解来自太空的信息会有什么用处，为什么要对它那么如饥似渴。

Goodman说：“发展中国家观察资源的缺乏影响到地球观察的覆盖面，事实上地球观测在多数发展中国家是盲区。虽然我们有与地球同步的天气监测卫星环绕地球，但是我们需要来自低轨卫星的高分辨率的更多时点的采样信息，通过低频绕行即每天2~4次经过地球一点来实现我们所需的全球覆盖。在发展中国家地面测量也有显著差距，与欧洲国家或美国相比，缺少相应的地面监测。”

这些差距成了棘手的问题，没有表面观察资料，科学家不能完全肯定太空所获得的测量结果。更何况一些参数无法从太空观察清楚。降雨量就是一个例子，卫星不能直接测定。在欧洲和

北美，几千个简易的“接雨桶”测量每分钟到每小时的降雨量。将“接雨桶”与卫星遥感得到的数据结合起来可以建立天气模式和当地水文资料。但是接雨桶在发展中国家却很少见，像气象雷达这类能监测云及预报天气的精密设备就更少了。Goodman说：“可能在整个非洲大陆仅有3台气象雷达，而在欧洲或北美每个州均拥有一台，甚至电视台也可能有属于他们自己的雷达。”

观察盲区会导致一系列的后果。很明显，没有完整的覆盖面，发展中国家不能得到对他们有用全球观测资料。[关于这个主题可参见本期第4页“建立海啸预警系统”]

这个不良后果也会影响发达国家乃至全球。Goodman指出由于缺乏亚洲、非洲、拉丁美洲海洋资料数据，北美天气预报长期达不到他们应能达到的准确度。而且气候改变此类长期研究取决于我们对整个生物圈事件的了解，比如说，如果科学家不能量化亚马逊盆地碳流所产生的效应，他们将无法建立他们所期望的更完善的气候模式。

## 地球观测

这篇文章采访的科学家们一致同意，地球观测现在是有用的，而且作用会越来越大。Michael Emch是哥伦比亚大学一位空间流行病学专家，花了多年时间运用遥感技术来进行热带疾病的流行病学研究。他主要研究沿海国家如孟加拉国、越南、莫桑比克发生的霍乱。通过应用NASA的陆、海卫星（它们都是地球观测系统计划中的

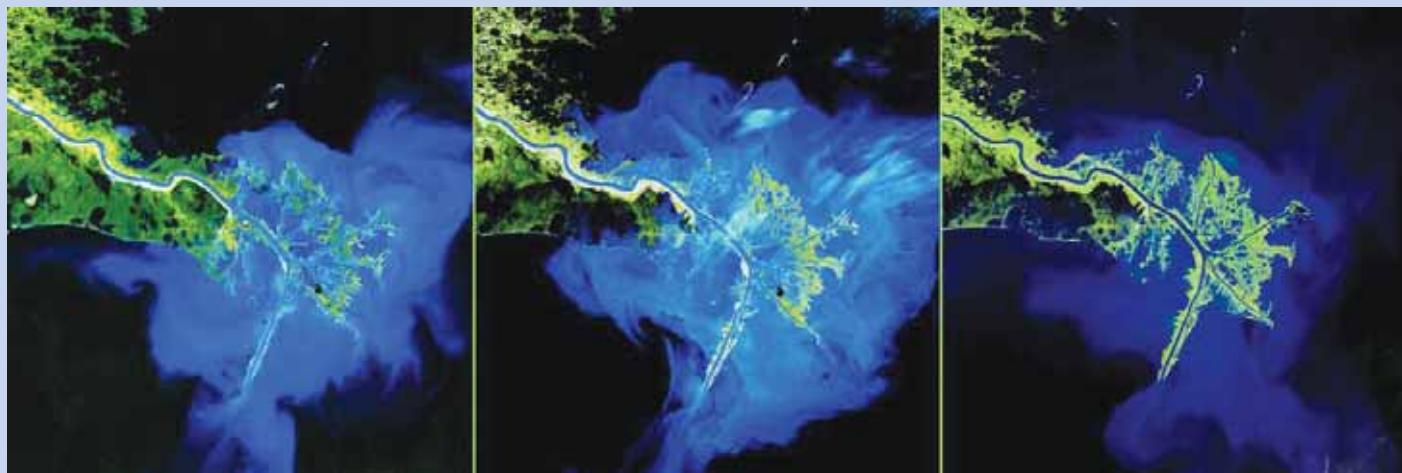
重要组成部分）遥感资料，Michael Emch将霍乱发生率与海面海拔、海面温度及海洋叶绿素含量联系起来。这些变量与浮游生物大量繁殖有潜在关联，它们是霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*)的栖息地，这种弧菌可引起霍乱。“如果我们了解这些变量的作用，我们就能在流行病爆发前几个月预测到，” Michael Emch说，“这是我们的最终目标，但还有很长的路要走。”

Michael Emch承认对新设备一直存在需求。例如卫星不能检测对弧菌生存至关重要的海水含盐量的水平，而且量化和监测环境改变也需要更高的图像分辨率。

Terra和Aqua两颗卫星携带的多通道遥感装置中分辨率成像光谱仪(MODIS)可以测量在1000米的空间增量和250米陆地边界变化的尺度上测量海洋叶绿素水平。[有关这方面的更多信息可参见“中分辨率成像光谱仪监测霾”CEHP: 112-1C (2004)]

Emch说，虽然监测技术较以前有了明显进步，但是仍不能满足某些研究需要。多数情况下，遥感设备还不能为某一事件的爆发提供令人信服的证据。科学家也需要如疾病媒介生物寄居的小范围环境及实际高危人群的地面观测资料。

另一个积极倡导地球观测技术的人是Foley，他说地球观察与EPA的宗旨越来越有关联。十多年来，EPA运用NASA的陆地卫星项目（如今已是第33个年头）的遥感资料对城市地貌的改变进行监测。遥感能理想地指导空气和水污染危害的公共预警系统。他面临的最大挑战是让EPA决策



三角洲见证了历史的沧桑：长期的资料积累有助于研究者更好地预测地球系统在未来将如何改变，地球资源探测卫星图片显示了密西西比河的地质沉积过去30年的变化。第一幅图（1973制作）显示一大片地质沉积（蓝色标记），沿着密西西比河建造的水坝和人工沟渠减少了水流引起的泥沙沉积。第二幅图（1989年绘制）显示三角洲最南边缘线的沼泽地的减少。到了2003年，当第三幅图被绘制时河流防洪堤中沟渠的增加导致新沼泽地的形成。

者们相信这项技术的潜力。Foley 解释道：“EPA 的决策者们通常不知道如何运用这些资料，这不是传统技术，需要我们对他们进行教育培训和提高能力，但我们一定要处理好资源、时间和科学可行性。”

与许多人一样，John Delaney 一直紧跟技术的前沿。他是西雅图华盛顿大学的海洋学教授，主管太平洋东北部时间序列水下网络实验 (NEPTUNE) 项目，它是迄今最全面的地球观测项目之一。NEPTUNE 研究人员将太平洋西北部的整块结构板用导线与上千个海平面上下的感应器连接起来。它们实时将资料传给岸上的科学家。这一计划还会将一队水下的机器人送到火山爆发口、地震、暴风雪及其它事发现场收集资料。这个耗资 2.5 亿美元的系统通过各种途径的筹款已有望上马。

Delaney 说：“NEPTUNE 这一计划给我们不断融入环境的能力，为了能真正了解海洋，我们必须融入海洋，灵活地适应它、观察它，并对它量化及取样。”Lautenbacher 把 NEPTUNE 描述为前沿研究，我们以此可以开发新的传感器和新的测量方式，尽管这些方式对我们而言暂时还是梦想。

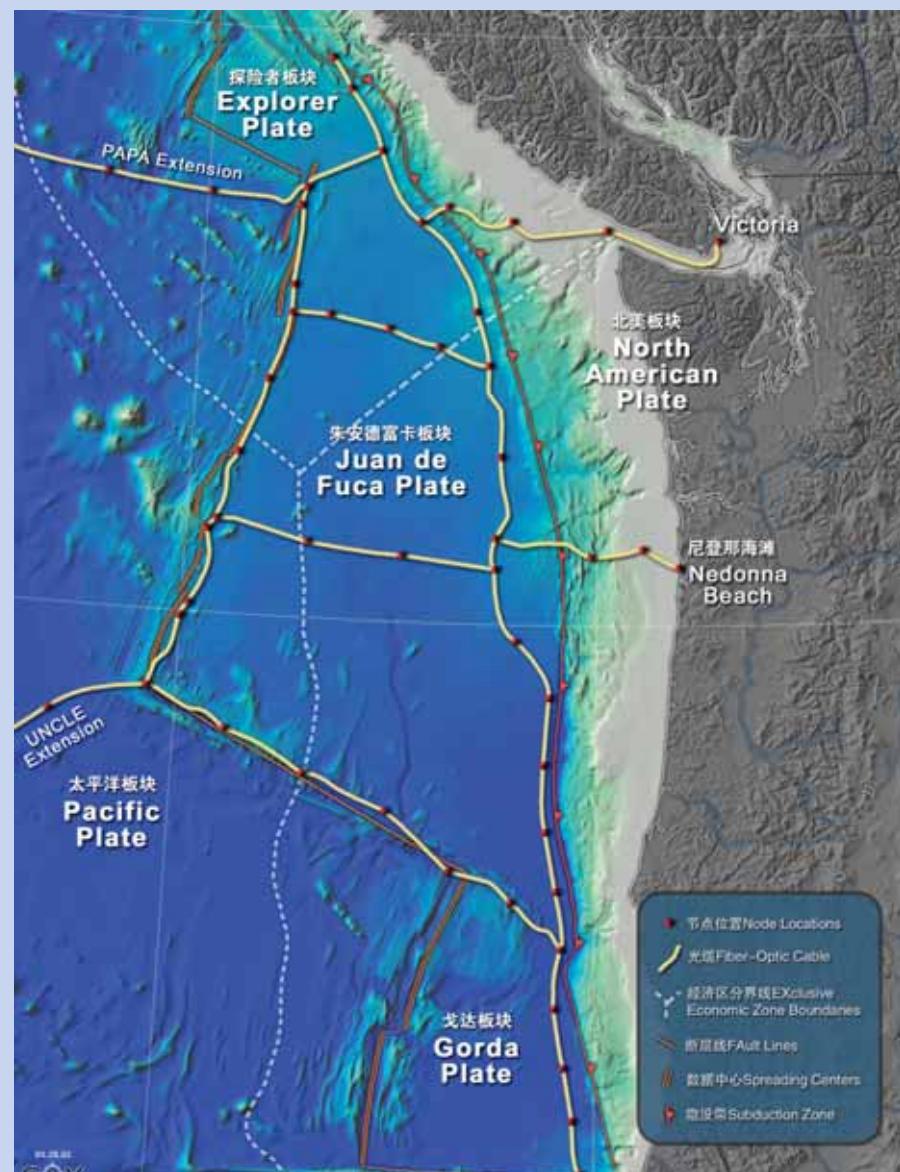
## 展望

在今后几年，GEOSS 的参与者将关注许多急待解决的问题，Lautenbacher 说，这包括建立组织的管理层、解决与资料共享相关的技术革新问题以及满足提高对地球观测能力的各种需求。

其间一些努力向 GEOSS 迈进的国家也在本国推进系统整合。例如，美国已经召集了一个地球观察的工作组，该组织由来自 NASA、NOAA 和白宫科学技术政策办公室的代表共同主持。

2004 年 9 月 8 日，该组织发表了一个题为《美国地球观察系统战略计划》(Strategic Plan for the U.S. Integrated Earth Observation System) 的草案。该报告勾画了美国参与 GEOSS 的框架，陈述其在九个“社会公益领域”的发展机遇，通过技术革新可以指导环境目标的早日实现。

Mary Gant (NIEHS 的项目分析家，同时也是工作组机构内部成员) 说，地球观察对环境健康有广大的用处，尤其对暴露评估。“卫生保健系统最棘手的问题之一是提高暴露评估的精确性。”她说，“先进、完整的对地观测系统的数据及结果能大大提高我们对暴露评估的能力。”



海神历险记？太平洋东北部时间序列海底网络实验 (NEPTUNE) 项目规模宏大，该项目计划将太平洋西北部板块用导线与各种传感器连接起来，实时发送西北太平洋海床上下的数据信息。

Lautenbacher 说，尽管仍未达到完全协调，其他国家已在开始着手他们本国或本地区的项目。在大力推动 GEOSS 的国家中，欧盟的代表也许准备得最充分。欧盟拥有全球环境监测系统及安全协议，欧洲航天局、欧洲环境署及其它机构已建立了合作关系。该协议列出一套程序以确保地球观察资料的需求在近期和长期都能得到满足。

协议的成员为整合太空、陆地、海洋、大气监测平台建立了统一的架构。因此，Lautenbacher 说，该协议可以为整个 GEOSS 技术整合提供模式。

对地观察系统能扩大我们的视野，让我们进

一步了解我们的周围世界。但 GEOSS 仍面临许多挑战，它不仅存在技术壁垒，而且存在文化习俗和制度的障碍。但是感应器和卫星网络的不断增长为我们发现和量化生物圈运行的基本驱动力提供了最佳的时机。就像卫星和太空探测计划将我们注意力向外转移一样，类似的探测工具也可以将我们的注意力向内转移，促使大家同心协力地为人类健康创造一个均衡的环境。

—Charles W. Schmidt

译自 EHP 113:A98–A104 (2005)